

## REVITALIZAÇÃO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO DA ETA ARAPIRACA

### **Luiz Ricardo Alves dos Santos<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Formado no curso Tecnólogo em Gestão de Produção pela UNINTER, além de ter formação técnica em Edificações pela Escola Politécnica e em Paisagismo pela Universidade de Araras. Certificação em *Yellow Belt* (metodologia Lean Six Sigma)

### **Jozelita Maria dos Santos Neta<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Formada no curso técnico em Edificações pelo IFAL.

### **Eduardo Henrique Albuquerque Batalha<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho, com certificação *Green Belt* (metodologia Lean Six Sigma)

### **Victória Regina Martins Silva<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil formada pelo IFAL.

### **Mayara Carla Alves Leandro<sup>(5)</sup>**

Tecnóloga em Hotelaria formada pelo IFAL.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Severino de Vasconcelos Oliveira, Número 122 – Bairro Jardim Esperança – Arapiraca-AL – CEP: 57307-768 – Brasil – Tel: + 55 (82) 99829-0827 – e-mail: [luiz.alves@igua.com.br](mailto:luiz.alves@igua.com.br).

## RESUMO

A filtração é um processo físico-químico que visa remover partículas coloidais presentes na fase líquida da água, fazendo-as passar por um meio granular. Para garantir a eficácia na remoção das partículas sólidas, é fundamental que essa camada apresente altura e granulometria adequadas. Nesse contexto, observou-se que o nível do leito filtrante da Estação de Tratamento de Água (ETA) em Arapiraca estava reduzido, o qual havia sido substituído há 10 anos. Como consequência, a eficiência do sistema de filtragem foi comprometida, mostrando-se diminuída. Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da restauração do sistema de filtração da ETA Arapiraca nos índices de desempenho do processo de filtragem da água. Além disso, busca-se descrever o processo sistêmico operacional aplicado nessa intervenção, destacando os princípios da gestão de qualidade. Para isso, foi realizado o planejamento das atividades com base nos conceitos do Lean Six Sigma e na aplicação do método de Taylor. Em seguida, foram executadas as etapas de revitalização dos filtros. Como resultado, constatou-se que a recuperação do sistema de filtração trouxe resultados favoráveis, com aumento da performance dos filtros e redução da turbidez. Ressalta-se também que o método estudado nesta pesquisa demonstrou ser uma alternativa viável para o aprimoramento da eficiência e da qualidade dos processos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alta performance, Eficiência, Filtração, Método de Taylor, Lean Six Sigma.

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento da água percorre uma série de etapas antes de chegar ao consumidor final, com o objetivo de garantir os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, conforme especificado no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5. Esse processo é conduzido em Estações de Tratamento de Água (ETAs), onde o sistema convencional de ciclo completo abrange as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Este trabalho será fundamentado no processo de filtração, portanto, torna-se pertinente destrinchá-lo.

Segundo Ferreira Filho (2017), a filtração é um processo físico-químico destinado à remoção de partículas coloidais presentes na fase líquida, mediante sua percolação por um meio granular. O objetivo desse procedimento é garantir as características estéticas da água filtrada, de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos. Destaca-se ainda que essa etapa exerce uma influência significativa na qualidade da água e, se não realizada de maneira satisfatória, pode comprometer a eficácia da desinfecção subsequente.

Conforme o autor citado, de maneira geral, os filtros empregados no tratamento convencional de águas de abastecimento são projetados para permitir a passagem da água por um meio granular, o qual possui altura e granulometria específicas. Essa camada filtrante deve ser dimensionada e mantida de forma a garantir a remoção efetiva das partículas responsáveis pela cor e turbidez, assegurando, assim, a eficiência do sistema de filtração (NBR 12216, 1992). No entanto, é comum que, após anos de operação, o nível da camada filtrante seja reduzido, devido ao processo de retrolavagem que é realizado periodicamente.

Essa problemática foi evidenciada na ETA localizada em Arapiraca-AL, cujo material do leito filtrante havia sido substituído há dez anos. Assim, observou-se que o nível das camadas dos filtros havia sido reduzido, pois ocorriam perdas de material durante o processo de retrolavagem. Como consequência, a eficiência do sistema de filtragem foi comprometida, mostrando-se minorada. Logo, para adequação do sistema de filtração, instituiu-se a reforma dos filtros da ETA Arapiraca, cujos impactos serão avaliados neste trabalho.

### 1.1. CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE ARAPIRACA

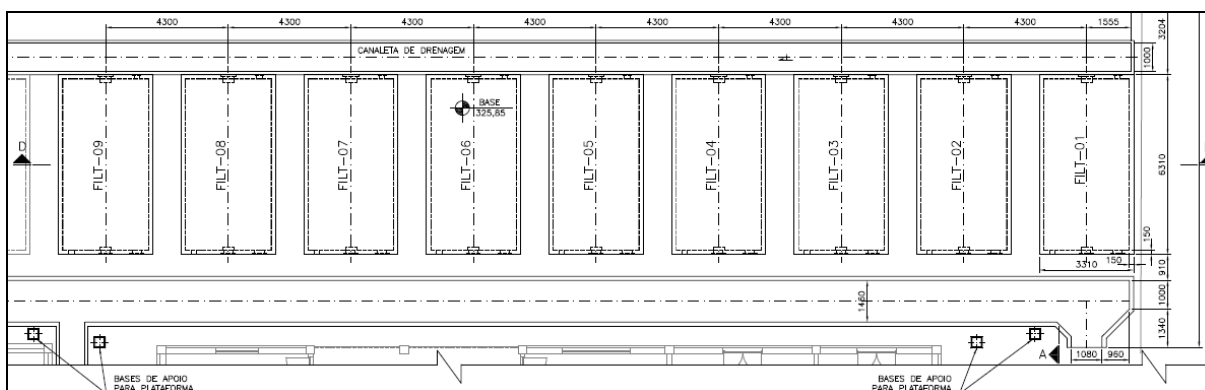
A Estação de Tratamento de Água (ETA) localizada no município de Arapiraca integra o Sistema Adutor do Agreste (SAA), cuja captação se encontra às margens do Rio São Francisco. Essa ETA é responsável pelo tratamento da água, operando em ciclo completo (tratamento convencional), no qual são realizadas as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e cloração final (Figura 1).



Figura 1: Estação de Tratamento de Água (ETA) Arapiraca.

### 1.2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO

O processo de filtração da água é realizado por 9 filtros, os quais estão contidos em tanques de 3,05m x 6,05m, totalizando uma área de 18,45m<sup>2</sup> para cada filtro. Além disso, eles são estruturados em módulos metálicos com altura de 4,18m. Ressalta-se, também, que o leito filtrante existente é composto por areia e antracito, operando em fluxo rápido descendente. O layout dos filtros pode ser visualizado na Figura 2.



**Figura 2: Vista superior dos filtros.**

### 1.3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO PROBLEMA

A filtração ocorre por meio da percolação da água através de um material filtrante, responsável pela retenção das partículas sólidas. Comumente, após anos de operação, o nível da camada de filtração é reduzido, devido ao processo de retrolavagem que é realizado periodicamente. Dessa maneira, o índice de eficiência da filtração é minimizado, comprometendo o tratamento da água. Essa problemática foi evidenciada na ETA Arapiraca, cujo material do leito filtrante havia sido substituído há dez anos (Figura 3).



**Figura 3: Filtros da ETA Arapiraca.**

## 2. OBJETIVOS

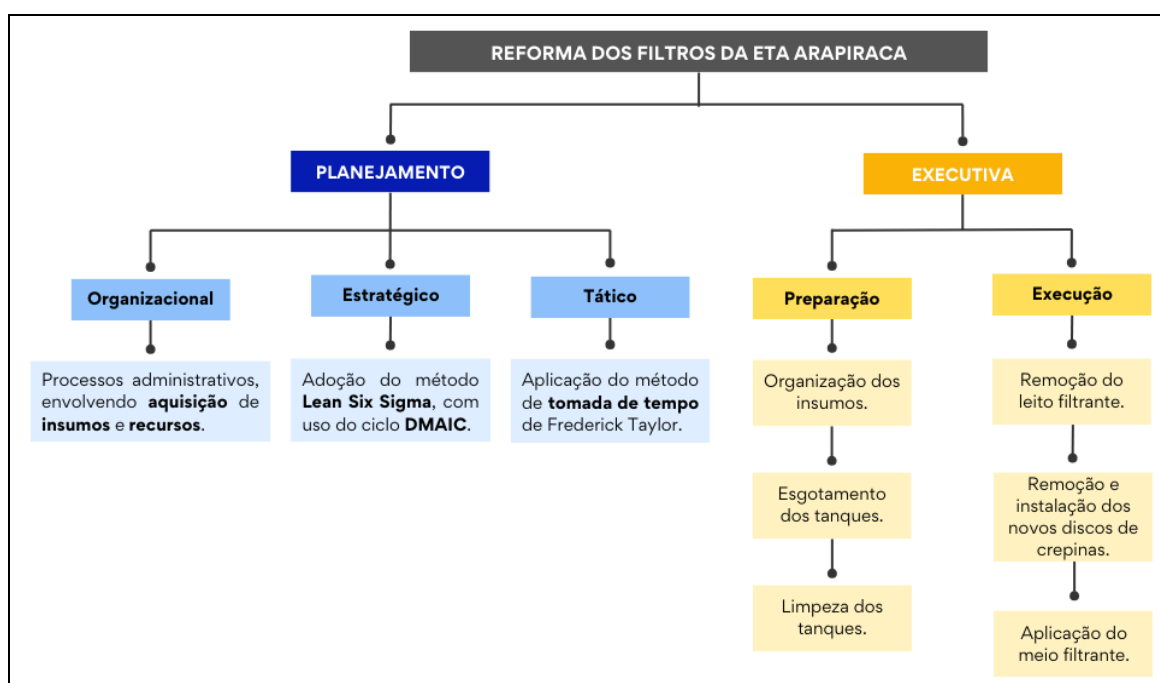
Este trabalho objetiva avaliar o impacto da restauração do sistema de filtração da Estação de Tratamento de Água (ETA), situada no município de Arapiraca, Alagoas, nos índices de desempenho do processo de filtragem da água. Desse modo, busca-se evidenciar o sistema construtivo utilizado na intervenção mencionada, com o fito de assegurar o funcionamento ideal dos filtros e, por consequência, garantir o acesso à água potável e de qualidade.

### 3. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia empregada baseou-se na aplicação do método Lean Six Sigma e Taylor, com ênfase tecnológica e uma abordagem que engloba tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos.

#### 3.1. MÉTODO EXECUTIVO

A abordagem executiva adotada no sistema construtivo foi fundamentada na aplicação da metodologia Lean Six Sigma e no método de Taylor para a gestão do tempo. A Figura 4 ilustra o fluxo de atividades implementado neste trabalho.



**Figura 4: Fluxograma de processos.**

Conforme demonstrado no fluxograma acima, o planejamento das atividades de reforma dos filtros foi dividido em etapas organizacionais, estratégicas e táticas. A fase organizacional se integra ao nível estratégico, baseando-se nos princípios do Lean Six Sigma e aplicando o ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Por outro lado, o planejamento tático é fundamentado nas premissas do método de tomada de tempo de Frederick Taylor. No mais, na fase executiva, compreende-se duas etapas que se relacionam: a fase de preparação e a subsequente execução.

É importante destacar que os princípios da metodologia Lean Six Sigma se direcionam à melhoria contínua do desempenho e da qualidade das atividades, resultando em uma lucratividade aprimorada e na redução significativa de erros, o que contribui para minimizar as perdas durante os processos (ISO 13053-1, 2011). Desse modo, adotou-se o método Lean Six Sigma, combinando os conceitos do Lean Manufacturing com os métodos estatísticos do Six Sigma, com o objetivo de eliminar desperdícios, otimizar o fluxo de trabalho e melhorar a qualidade dos processos.

No mais, como mencionado anteriormente, implementou-se o método de Taylor para análise de tempo e otimização de processos. Essa metodologia visa aprimorar a eficiência e a produtividade por meio da gestão detalhada do tempo e das atividades, que são subdivididas e controladas pela medição precisa do tempo

empregado. A Figura 5 destaca o processo de divisão das atividades conforme o mencionado método, destrinchado na Tabela 1.



Figura 5: Fluxo de divisão de tarefa.

Tabela 1: Método tomada de tempo.

TAREFA	INÍCIO	TÉRMINO	TEMPO TOTAL
Esgotamento do tanque	07:30	08:00	30 minutos
Retirada do leito filtrante	08:00	10:00	2 horas
Limpeza do tanque	10:00	10:30	30 minutos
Teste de funcionamento das crepinas	10:30	10:40	10 minutos
Retirada dos discos	10:40	11:30	50 minutos
Aplicação dos novos discos de crepinas	11:30	13:00	1 hora e 30 minutos
Teste de funcionamento das crepinas	14:00	14:10	10 minutos
Aplicação da 1º camada do meio filtrante	14:10	14:30	20 minutos
Aplicação da 2º camada do meio filtrante	14:30	14:50	20 minutos
Aplicação da 3º camada do meio filtrante	14:50	15:10	20 minutos
Aplicação da 4º camada do meio filtrante	15:10	15:40	30 minutos
Aplicação da 5º camada do meio filtrante	15:40	16:10	30 minutos
Aplicação da 6º camada do meio filtrante	16:10	16:50	40 minutos
Aplicação da 7º camada do meio filtrante	16:50	17:30	40 minutos

### 3.2. SISTEMA CONSTRUTIVO

O método construtivo foi fundamentado na execução da recuperação do sistema de filtração da ETA Arapiraca, baseando-se nos seguintes procedimentos (Figura 6).

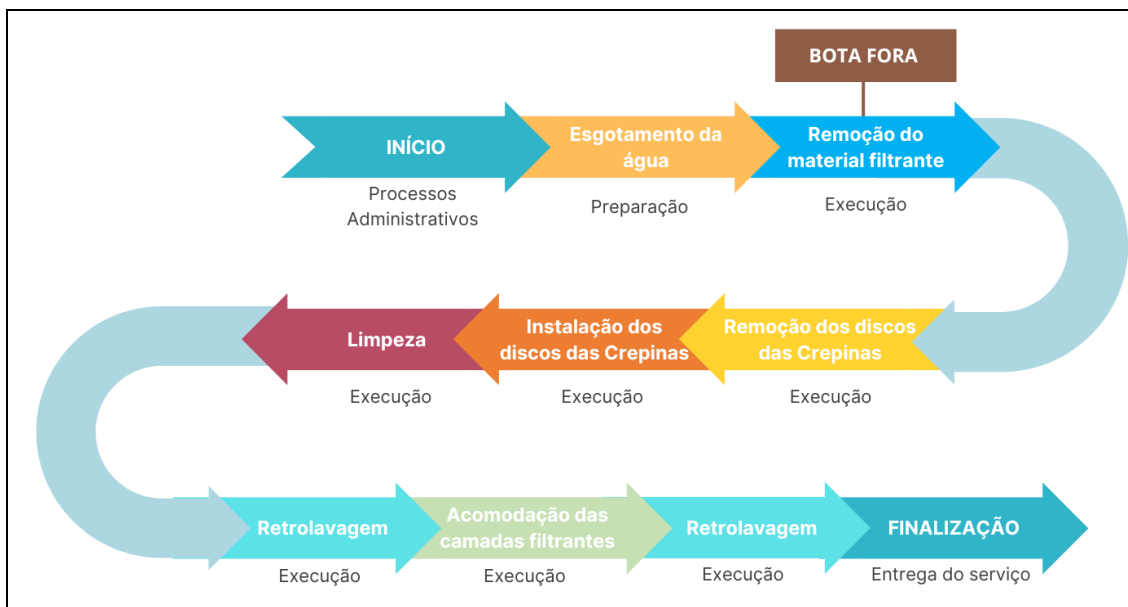


Figura 6: Fluxograma de atividades.

Como visto no fluxograma acima, inicialmente foi feito o esgotamento da água do tanque de filtração. Após esse processo, removeu-se o material da camada filtrante e os discos de crepinas, os quais foram substituídos por novos. Acerca desse procedimento, é válido destacar que foi adotado uma nova configuração para os discos de crepinas, a qual passou a utilizar 6 discos em cada crepina (Figura 7).

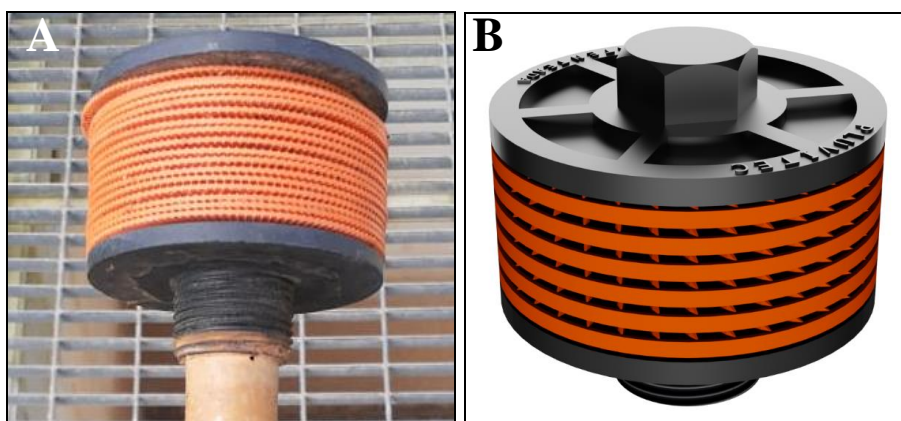


Figura 7: A) Layout antigo dos discos; B) Nova configuração adotada.

Posteriormente, realizou-se uma limpeza nos tanques e executaram-se retrolavagens, com o objetivo de testar o sistema de discos de crepinas. Após esses procedimentos, a camada suporte e o leito filtrante foram acomodados, caracterizando um filtro rápido de dupla camada (Figura 8). A Tabela 2 apresenta o arranjo do meio-granular para percolação da água.

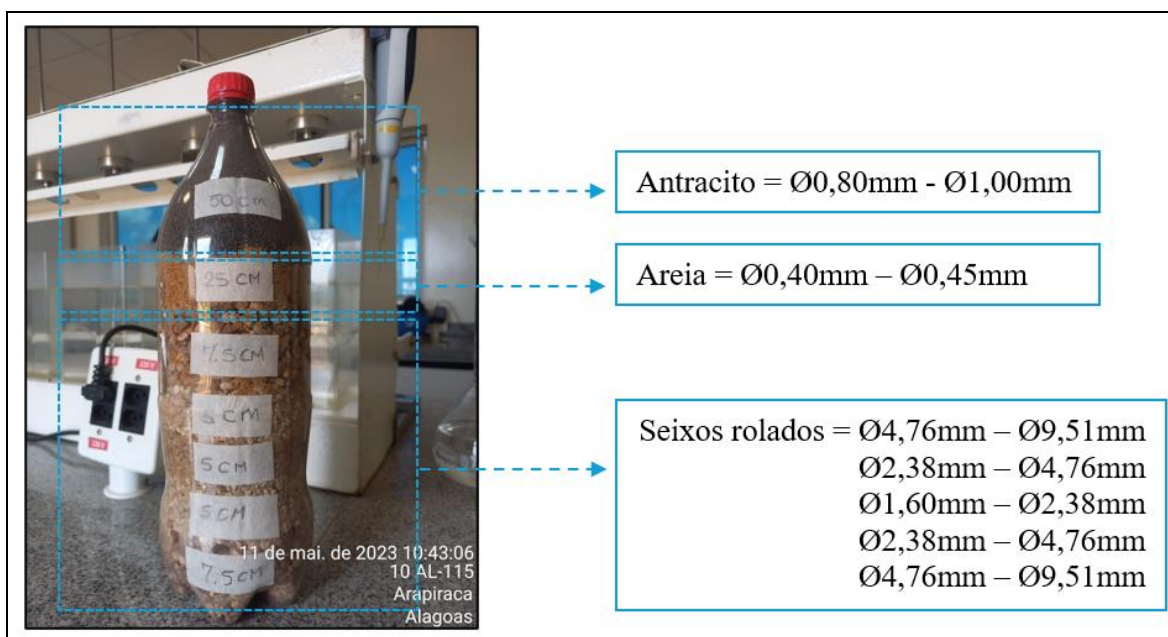


Figura 8: Configuração do leito filtrante.

Tabela 2: Configuração do leito filtrante.

Camada	Material	Granulometria da camada		Altura da camada
		Mínima	Máxima	
Meio Filtrante	Antracito	0,80 mm	1,00 mm	50,0 cm
Meio Filtrante	Areia	0,40 mm	0,45 mm	25,0 cm
Camada Suporte	Seixos Rolados	4,76 mm	9,51 mm	7,5 cm
Camada Suporte	Seixos Rolados	2,38 mm	4,76 mm	5,0 cm
Camada Suporte	Seixos Rolados	1,60 mm	2,38 mm	5,0 cm
Camada Suporte	Seixos Rolados	2,38 mm	4,76 mm	5,0 cm
Camada Suporte	Seixos Rolados	4,76 mm	9,51 mm	7,5 cm

### 3.3. COLETA DAS AMOSTRAS

A amostragem da água analisou três configurações de turbidez: na água bruta, decantada e filtrada. As coletas das amostras foram efetuadas ao longo dos anos de 2022 e 2023, seguindo os protocolos da operação Agreste Saneamento, para acompanhamento dos indicadores e comparação dos resultados.

### 3.4. ANÁLISE DOS ÍNDICES DE PERFORMANCE DOS FILTROS

Analisou-se o índice de turbidez dos filtros, comparando-o com o período anterior e posterior à restauração do sistema de filtração. Para este estudo, utilizou-se o método nefelométrico, fundamentado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 3500-A1 B. Além disso, foram verificados o tempo de carreira e o desempenho dos tanques de filtros.

### 3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a apresentação dos dados, foram elaborados gráficos, tabelas e médias, utilizando o Excel como ferramenta de análise e visualização.



#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos neste estudo podem ser apresentados em amostragem quantitativa, relacionando-se com o processo construtivo da obra e os indicadores de qualidade, e qualitativa, que está associada aos resultados após a reforma.

##### Resultados quantitativos:

- Economia de aproximadamente R\$ 330.967,43 com a mão de obra para execução dos serviços de reforma dos filtros;
- Conclusão de 9 filtros em apenas 25 dias, representando uma redução de 75% no prazo de execução;
- Redução do índice de turbidez e aumento da performance dos filtros.

##### Resultados qualitativos:

- Aumento da eficiência na remoção de impurezas, sedimentos e contaminantes da água, resultando em uma água tratada de maior qualidade;
- Melhoria da eficiência em termos de consumo de energia, produtos químicos e manutenção, levando a uma redução nos custos operacionais a longo prazo;
- Garantia de uma filtragem mais consistente e confiável, resultando em uma qualidade de água tratada mais estável e previsível ao longo do tempo;
- Aumento da capacidade de produção do sistema de filtração, permitindo que a planta de tratamento de água atenda a uma demanda crescente sem comprometer a qualidade da água;
- Garantia de confiabilidade e menor necessidade de manutenção, reduzindo o tempo de inatividade não planejado da planta de tratamento de água;
- Melhoria da eficiência do sistema de filtragem além do projeto inicial, aumentando assim sua capacidade de filtração e vida útil;
- Garantia do Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água potável e saneamento para todos – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6) Água potável e saneamento;
- Garantia dos padrões de consumo e produção sustentáveis – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 12) Consumo e produção responsáveis.

#### 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A adoção de uma metodologia fundamentada nos princípios de qualidade da ISO 9000 e ISO 9001 otimizou os processos de execução inerentes aos serviços de reforma, promovendo uma melhoria no fluxo de trabalho e na redução de erros. Como resultado, foi possível economizar aproximadamente R\$ 330.967,43 (trezentos e trinta mil, novecentos e sessenta e sete reais e quarenta e três centavos) com mão de obra, além de reduzir o tempo dedicado às atividades em 75%, permitindo a conclusão de 8 filtros em apenas 15 dias. Destaca-se que essas práticas estão em conformidade com o ODS 12 – Consumo e produção responsáveis, uma vez que visam gerenciar de maneira sustentável e eficiente os recursos (ONU, 2024).

Em relação aos resultados pós-reforma, a análise da turbidez da água bruta, decantada e filtrada, encontram-se apresentados na Tabela 3. É válido ressaltar que foi realizada uma comparação entre os meses de junho e julho, considerados períodos críticos devido às chuvas, nos anos de 2022 e 2023. Esses quantitativos foram exibidos em duas colunas, indicando a faixa de turbidez geral e a média.



Tabela 3: Comparativo do índice de turbidez.

Local	2022		2023	
	Faixa (NTU)	Média (NTU)	Faixa (NTU)	Média (NTU)
Bruta	100 - 140	129	100 - 140	121
Decantada	0,19 - 20	2,27	0,5 - 10,6	2,07
Filtrada	0,11 - 10,1	0,60	0,11 - 0,5	0,29

Nota-se que os percentuais identificados na água bruta e decantada permanecem próximos, no entanto, ao analisar o índice de turbidez da água filtrada, observa-se uma redução de **48,33%**. Esse indicativo evidencia que a intervenção realizada no meio filtrante ampliou a eficiência do sistema de filtração, diminuindo significativamente o índice de turbidez. A Figura 9 apresenta essa disparidade.

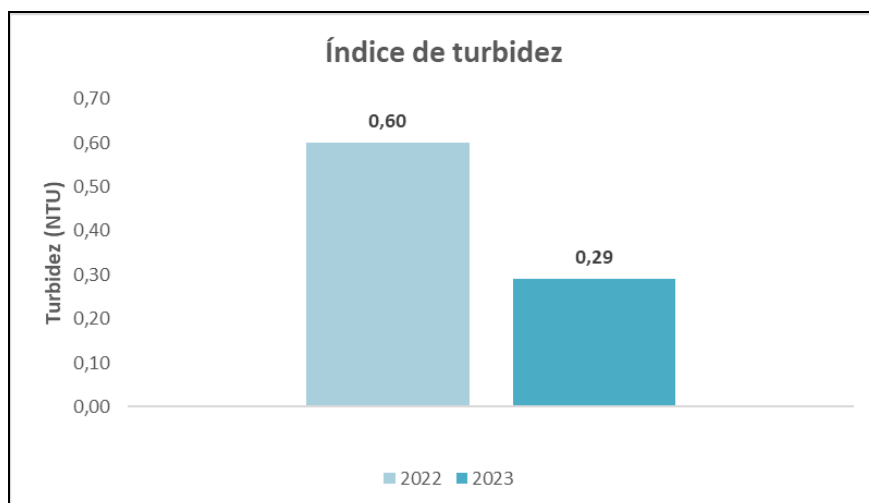


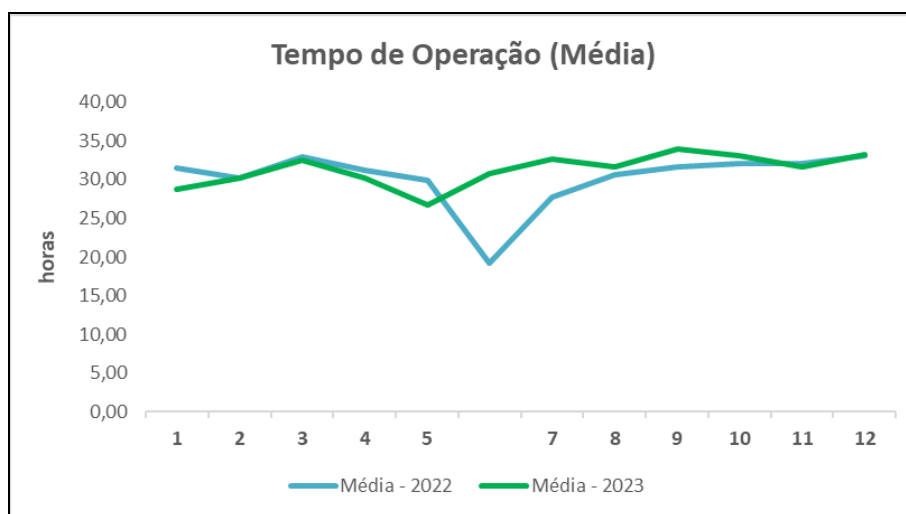
Figura 9: Redução de turbidez após reforma.

Em relação ao índice de desempenho do tratamento da água, observou-se que o percentual no trecho da água bruta/decantada se manteve parcialmente constante. Todavia, ao analisar o segmento de decantada/filtrada, nota-se uma melhoria significativa. Esses resultados estão disponíveis na Tabela 4.

Tabela 4: Comparativo do índice de turbidez.

Local	2022	2023
Bruta/Decantada	98,24%	98,28%
Decantada/Filtrada	73,57%	85,99%

No mais, avaliou-se o tempo de carreira dos filtros, cuja análise mostra que houve um aumento sutil após a intervenção realizada. Esses resultados podem ser verificados na Figura 10.



**Figura 10: Comparativo entre o tempo de operação.**

Por fim, é importante ressaltar que esses resultados estão em consonância com o ODS 6 – Água potável e saneamento, pois contribuem diretamente para melhorar a qualidade da água, minimizando o uso de produtos químicos e garantindo o acesso à água para os consumidores atendidos pelo Sistema Adutor do Agreste.

## 6. CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto, evidencia-se que a recuperação do sistema de filtração da ETA da cidade de Arapiraca-AL apresentou resultados favoráveis. A substituição do leito filtrante viabilizou o aumento da performance dos filtros, assim como reduziu significativamente o índice de turbidez. Acerca desse parâmetro, é relevante ressaltar sua importância na medição da eficiência de uma ETA, uma vez que as partículas retidas podem conter microrganismos e substâncias tóxicas (LIBÂNIO, 2016). Os resultados deste estudo reafirmam a importância de possuir uma camada filtrante com altura adequada para garantir a eficiência do processo de tratamento. Um leito filtrante inadequado pode resultar em uma taxa de filtração alta, comprometendo a eficácia na remoção de contaminantes e aumentando o índice de turbidez, como notado no período anterior à reforma realizada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação 05, Anexo XX, de 28 de setembro de 2017. Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde.
3. FERREIRA FILHO, S. S. *Tratamento de Água: Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 13053-1: *Quantitative methods in process improvement - Six Sigma - Part 1: DMAIC methodology*. Geneva: ISO, 2011.
5. LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 4. ed. Campinas, São Paulo: Editora Átomo, 2016.
6. ONU Brasil. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 Mar. 2024.